

抗旱小麦的冷温特性研究^{*}

冯佰利, 王长发, 苗 方, 张嵩午, 何永杰

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 选择4种不同类型的小麦品种, 通过测定功能叶片光合速率、群体冠层温度、叶片功能持续期, 以及可溶性蛋白质、超氧化物歧化酶、丙二醛含量等指标, 研究抗旱小麦的冷温特性。结果表明, 在籽粒灌浆期间, 抗旱小麦和冷型小麦的冠层温度持续偏低, 它们的许多性状如叶片功能期、可溶性蛋白质含量、净光合速率、超氧化物歧化酶、丙二醛含量等明显优于暖型小麦和耐旱性差的小麦, 在籽粒灌浆后期表现尤为明显。因此, 在生产中, 冠层温度可以作为衡量旱地小麦代谢功能的指标, 并将为旱地小麦品系、品种的选择和高产栽培提供依据。

[关键词] 抗旱小麦; 冠层温度; 生物学性状

[中图分类号] S512.1+10.34

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2002)02-0006-05

作物冠层温度是由土壤-作物-大气连通体内的热量和水汽流决定的, 取决于环境因子和作物本身因素。近年来, 随着红外测温技术和仪器的快速发展和开发, 冠层温度已应用于作物水分状况和代谢功能的研究^[1~6], 并取得了有价值的进展。但是, 前人研究较少涉及同一环境下, 不同基因型旱地小麦植株本身温度的差异和内部代谢功能的不同。本研究是在上述研究的基础上, 分析旱地小麦植株的温度分异规律及其与此相伴而生的内部代谢功能差异, 以便为旱地小麦育种和栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于1998~2000年在西北农林科技大学农作一站(位于渭河谷地头道塬)进行, 属我国小麦产区中的黄淮平原冬麦区, 为暖温带半湿润气候。

参试品种(含品系、加系、亲本等, 下略)前后数以百计, 其中小偃6号、陕229、RB6为典型的冷型小麦, NR9405、9430为典型的暖型小麦; 晋麦47、长武134为典型的抗旱小麦, 偃师9号、咸农151为典型的耐旱性较差小麦。基本试验区的种植规格为: 前作休闲, 随机区组设计, 重复4次, 每小区7行, 行长1.5 m, 行距0.25 m, 株距0.03 m; 于10月上旬开沟带尺点播, 播前按尿素225 kg/hm²、磷酸二氢氮225 kg/hm²、磷酸二氢钾30 kg/hm²的标准施足基肥, 冬季追施尿素75 kg/hm²; 其他管理措施按黄淮

麦区品种比较试验要求进行。

1.2 测定和分析方法

从开花之日起, 每隔6 d取有代表性的顶3叶进行有关测定, 直至成熟。丙二醛(MDA)含量采用Heath和Packer的硫代巴比妥酸反应法^[7]测定; SOD活性参照王爱国等的改进方法^[8]测定; POD活性采用Sigma法^[9]测定。

冠层叶片净光合速率(P_n)采用美国LI-COR公司生产的LI-6400便携式红外线CO₂测定系统测定; 测定时间从小麦开花后开始, 除了下雨天顺延外, 每隔7 d定期测定1次, 直至叶片干枯; 时间为每天8:30~10:30, 每小区选取代表性较好的冠层顶三叶进行测定, 往返取样, 3次重复, 每叶位共测定6片叶。

冠层温度观测采用仪器为国产BAU-I型红外测温仪, 视场角为5°。观测时间以晴天午后(13:00~15:00)各品种冠层温度差异最明显时为主, 按照农田小气候观测的对称法进行。观测时将测温仪器置于肩臂高度(1.5 m), 在田边以大约和田面呈30°的角度瞄准小区中部群体。测点为小区内群体生长一致有代表性的部位, 避开裸土的影响。对每个品种按照4次重复进行往返观测, 每次每品种均可获得8个温度数据, 取其平均值。

试验数据处理采用统计分析软件包SAS^[10]进行。由于各年变化趋势相同, 1999~2000年为典型干旱年, 4~6月上旬降水量仅为71.1 mm, 土壤含

^{*} [收稿日期] 2001-03-27

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(39570411, 39870477)

[作者简介] 冯佰利(1966-), 男, 陕西耀县人, 副教授, 长期从事作物栽培生理生态及小杂粮产业化开发研究。

水量测定结果如表 1。故下面所列图表仅以 2000 年 的测定数据说明。

表 1 小麦抽穗—成熟期土壤含水量测定结果

Table 1 Water content of soil during earing to harvesting period						%
测定日期 Test date	0~ 20 cm	20~ 40 cm	40~ 60 cm	60~ 80 cm	80~ 100 cm	
04-17	107. 7	123. 7	129. 9	141. 1	162. 1	
05-19	101. 6	102. 3	113. 0	122. 8	139. 2	
05-30	167. 6	106. 5	99. 8	117. 1	137. 0	

2 结果与分析

2.1 抗旱小麦的冷温现象

通过连续多年对小麦冠层温度的观测后发现,在大气、土壤、农艺措施完全相同的一个较小尺度试验区内,不同基因型品种的冠层温度存在明显差异;和对照品种相比,有些品种的温度始终偏低,有一些品种的温度持续偏高,而且不因高温年或低温年的出现而转移,这就是小麦的冷温现象^[1]。表 2 是以对照品种陕 229 为基准,列出 11 个品种开花至成熟期

间午后冠层温度的动态变化情况。

由表 2 可以看出,在干旱条件下,不同基因型品种存在明显的温度分异现象。冷型小麦(陕 229、小偃 6 号、RB6)和抗旱小麦(晋麦 47、长武 134、晋麦 33、陕 280)的冠层温度明显偏冷,而暖型小麦(NR9405、9430)和耐旱性差的小麦(偃师 9 号、咸农 151)的冠层温度明显偏暖,有的品种之间的差异甚至可达 2~ 3 。进一步研究表明,小麦冠层温度之所以冷暖有别,是和本身的性状和代谢功能密切联系的。

表 2 灌浆结实期间的冠层温度

品 种 Variety	日 序 Order in the days																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
陕 229 Shaan229	19. 8	18. 9	20. 1	22. 0	21. 0	19. 8	20. 6	24. 2	27. 4	28. 7	28. 9	28. 1	29. 4	29. 7	31. 6	28. 8	29. 0
小偃 6 号 Xiaoyan6	- 0. 1	- 0. 1	+ 0. 2	+ 0. 1	+ 0. 1	0. 0	0. 0	- 0. 1	0. 0	- 0. 2	- 0. 2	- 0. 2	- 0. 1	- 0. 1	- 0. 2	- 0. 1	- 0. 5
RB6	- 0. 3	+ 0. 1	+ 0. 1	+ 0. 2	+ 0. 1	0. 0	- 0. 1	- 0. 1	+ 0. 1	- 0. 1	- 0. 2	- 0. 4	- 0. 4	- 0. 4	- 0. 6	- 0. 4	- 0. 2
9430	+ 1. 1	+ 1. 0	+ 1. 2	+ 1. 2	+ 1. 2	+ 0. 9	+ 0. 9	+ 1. 3	+ 1. 2	+ 1. 2	+ 1. 1	+ 1. 0	+ 1. 0	+ 0. 3	+ 1. 8	+ 1. 7	+ 1. 5
NR9405	+ 1. 0	+ 0. 9	+ 1. 1	+ 1. 1	+ 1. 1	+ 1. 7	+ 0. 7	+ 0. 9	+ 0. 9	+ 0. 9	+ 0. 8	+ 0. 8	+ 0. 7	+ 0. 7	+ 1. 0	+ 1. 0	+ 1. 0
晋麦 47 Jinmai 47	0. 0	+ 0. 1	+ 0. 2	- 0. 1	- 0. 1	- 0. 1	+ 0. 1	0. 0	+ 0. 1	- 0. 1	- 0. 1	- 0. 2	- 0. 4	- 0. 5	- 0. 6	- 0. 4	- 0. 2
长武 134 Changwu 134	+ 0. 2	+ 0. 1	0. 0	0. 0	+ 0. 1	0. 0	+ 0. 1	0. 0	+ 0. 2	0. 0	+ 0. 1	- 0. 1	- 0. 1	- 0. 2	0. 2	- 0. 2	0. 0
晋麦 33 Jinmai33	- 0. 1	- 0. 1	0. 0	- 0. 3	- 0. 2	- 0. 1	- 0. 1	0. 0	- 0. 2	- 0. 3	- 0. 5	- 0. 5	- 0. 4	- 0. 4	- 0. 1	- 0. 2	- 0. 3
陕 280 Shaan280	- 0. 4	- 0. 2	- 0. 3	- 0. 3	- 0. 2	- 0. 1	+ 0. 1	+ 0. 1	0. 0	0. 0	+ 0. 1	0. 0	0. 0	- 0. 2	- 0. 1	0. 0	- 0. 2
偃师 9 号 Yanshi9	+ 1. 0	+ 1. 0	+ 0. 6	+ 0. 8	+ 0. 7	+ 0. 7	+ 0. 5	+ 0. 8	+ 0. 8	+ 0. 7	+ 0. 6	+ 0. 6	+ 0. 7	+ 0. 7	+ 0. 6	+ 0. 9	+ 1. 0
咸农 151 Xiannong 151	+ 1. 0	+ 0. 8	+ 0. 8	+ 1. 2	+ 1. 0	+ 0. 7	+ 0. 8	+ 0. 8	+ 1. 1	+ 1. 0	+ 1. 1	+ 1. 3	+ 1. 1	+ 1. 1	+ 1. 3	+ 1. 4	+ 2. 0

2.2 功能性状的对比

2.2.1 叶片功能期 叶片同化产物输出功能以 30% 绿叶面积为终点,则开花到上述终点日期持续天数与开花到成熟天数的百分比率,可在很大程度上反映灌浆成熟期间叶片的活力和输出功能。考虑到各叶位叶片对结实贡献的不同,每品种的叶片输出功能用各叶位叶片的加权平均数表示^[11]。从表 3 可以看出,抗旱品种晋麦 47 和冷型小麦小偃 6 号各功能叶片均优于暖型小麦 NR9405 和不耐旱小麦偃师 9 号。这说明冷型小麦和抗旱小麦功能叶片活力

强,可以为籽粒充实提供较好的物质基础。

2.2.2 净光合率 表 4 列出了各品种 3 片功能叶净光合速率的加权平均值。从表 4 可以看出,在籽粒灌浆期间,所有品种各叶位叶片的净光合速率随成熟期临近呈下降趋势,同一时期不同叶位叶片的净光合速率表现为旗叶> 倒 2 叶> 倒 3 叶,但不同类型品种的净光合速率差异较大,即冷型小麦高于暖型小麦,抗旱小麦高于不耐旱小麦。在开花期(05-02),冷型小麦小偃 6 号叶片的净光合速率平均为 17. 236 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比暖型小麦 NR9405

(13 247 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)高 23 14%, 抗旱小麦晋麦 47 的净光合速率平均为18 682 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 比不耐旱类型小麦偃师 9 号(12 850 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)高 31 22%; 灌浆中期(05-16), 冷型小麦小偃 6 号叶片的平均净光合速率(16 787 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)比暖型小麦 NR9405 (12 927 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)高 22 99%, 抗旱小麦晋麦 47 的平均净光合速率(15 549 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)比不耐旱类型小麦偃师 9

号(12 616 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)高 18 86%; 到籽粒灌浆后期, 当冷型小麦和抗旱品种的各叶位叶片仍能维持一定活力时, 暖型小麦和不耐旱小麦倒 3 叶已干枯, 旗叶和倒 2 叶的净光合速率已很小, 并且随着时间的推移, 各叶位叶片迅速衰亡。这充分表明冷型小麦和抗旱小麦叶片在后期具有较强的光合性能, 从而为小麦的籽粒灌浆提供更多的物质来源。

表 3 不同类型小麦叶片功能持续期

Table 3 Functional durations of the top three leaves during kernel-filling					%
品 种 Varieties	旗 叶 Flag leaf	倒 2 叶 2nd leaf	倒 3 叶 3rd leaf	加权平均 W eighted average	
晋麦 47 Jinmai 47	93 72	87. 67	80 26	89 75	
偃师 9 号 Yanshi 9	85 26	72 41	61. 19	77. 61	
小偃 6 号 Xiaoyan 6	91 43	84 47	79 64	87. 50	
NR9405	87. 11	75 13	63 20	79 73	

表 4 叶片净光合速率

Table 4 Net photosynthetic rate of the top three leaves of the varieties							$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
品 种 Variety	叶 位 Leaf position	时间 Sampling date					平 均 A verage
		05-02	05-09	05-16	05-23	05-29	
晋麦 47 Jinmai 47	旗叶 Flag leaf	22 733	21 340	18 717	7 135	0 537	14 092
	倒 2 叶 2nd leaf	17 383	16 413	14 333	4 573	- 0 424	10 456
	倒 3 叶 3rd leaf	7 685	8 348	7 264	2 793	-	5 218
	加权平均 W eighted average	18 682	17 759	15 549	5 690	0 183	11 572
偃师 9 号 Yanshi 9	旗叶 Flag leaf	16 283	19 717	17 083	2 797	-	11 176
	倒 2 叶 2nd leaf	10 032	15 600	11 077	0 786	-	7 499
	倒 3 叶 3rd leaf	6 232	5 901	0 662	-	-	2 559
	加权平均 W eighted average	12 850	16 213	12 616	1 768	-	8 690
小偃 6 号 Yaoyan 6	旗叶 Flag leaf	21 467	23 083	20 367	6 827	1 415	14 632
	倒 2 叶 2nd leaf	14 333	15 583	14 675	6 727	0 408	10 345
	倒 3 叶 3rd leaf	8 185	8 920	8 615	1 799	-	5 504
	加权平均 W eighted average	17 236	18 601	16 792	5 932	0 897	11 892
NR9405	旗叶 Flag leaf	17 093	20 350	15 700	3 803	0 785	11 546
	倒 2 叶 2nd leaf	10 432	13 905	11 957	1 488	-	7 556
	倒 3 叶 3rd leaf	5 295	7 322	5 530	-	-	3 629
	加权平均 W eighted average	13 247	16 350	12 927	2 518	0 436	9 095

2 2 3 可溶性蛋白质含量 表 5 表明, 小麦开花后各种功能叶可溶性蛋白质含量呈下降趋势, 但不同类型品种和各叶位间可溶性蛋白质含量有明显差别。在整个籽粒灌浆期间, 冷型小麦小偃 6 号可溶性蛋白质含量高于暖型小麦 NR9405, 抗旱小麦晋麦 47 高于不耐旱小麦偃师 9 号, 这表明抗旱小麦和冷型小麦具有生理活性强、代谢旺盛的特点。

可溶性蛋白质在细胞体内主要以酶的形式存在, 另外也有大量的多肽和氨基酸。Pettersson 等^[12]研究指出, RuBP 羧化酶约占叶片可溶性蛋白质的 50%。因此, 不同类型小麦可溶性蛋白质含量动态变化的差别, 标志着以 RuBP 羧化酶为主的细胞内各类酶含量动态变化的不同。

表 5 籽粒灌浆期间功能叶可溶性蛋白质的变化

Table 5 Soluble protein content of functional leaves of the varieties								mg/g
品 种 Variety	叶 位 L eaf position	时间 Sampling date						平 均 A verage
		04-27	05-04	05-11	05-18	05-25	06-01	
晋麦 47 Jinmai47	旗叶 Flag leaf	94 189	66 195	38 195	26 349	14 267	3 626	40 470
	倒 2 叶 2nd leaf	77 247	45 001	22 225	14 778	9 981	-	28 205
	倒 3 叶 3rd leaf	55 791	23 550	19 275	10 865	4 585	-	19 011
	加权平均W eighted average	82 958	53 076	30 592	20 533	11 431	2 015	33 434
偃师 9 号 Yanshi9	旗叶 Flag leaf	101 45	53 375	26 925	15 528	10 133	-	34 569
	倒 2 叶 2nd leaf	70 097	30 170	12 894	8 313	4 719	-	21 032
	倒 3 叶 3rd leaf	52 940	16 543	9 519	6 771	-	-	14 296
	加权平均W eighted average	84 553	40 714	20 110	12 057	6 913	-	27 393
小偃 6 号 Xiaoyan 6	旗叶 Flag leaf	93 064	73 203	35 965	29 164	14 889	4 344	41 772
	倒 2 叶 2nd leaf	79 779	43 719	21 213	16 405	10 631	-	28 625
	倒 3 叶 3rd leaf	52 779	20 944	16 291	9 898	5 488	-	17 567
	加权平均W eighted average	82 500	56 173	28 562	22 373	12 109	2 414	34 022
NR9405	旗叶 Flag leaf	93 926	43 332	28 864	18 513	10 908	-	32 591
	倒 2 叶 2nd leaf	76 659	24 317	16 066	13 114	5 525	-	22 614
	倒 3 叶 3rd leaf	66 225	16 541	10 788	5 809	-	-	16 561
	加权平均W eighted average	84 454	33 543	22 268	14 853	7 653	-	27 114

2 2 4 丙二醛(MDA) 丙二醛(MDA)是膜脂过氧化产物之一,它的含量水平可以代表被测部位的衰老程度(图 1)。图 1 显示,小麦开花后旗叶的 MDA 含量持续上升,不同类型品种间有明显差异,抗旱品种低于不抗旱品种,冷型小麦低于暖型小麦。尤其在籽粒灌浆后期,抗旱小麦和冷型小麦旗叶 MDA 含量分别为 41 532 和 47. 497 nmol/g,累积速率为 1. 642 和 2 229 nmol/(g · d);不耐旱小麦和暖型小麦旗叶 MDA 含量达到 72 465 和 75 927 nmol/g,累积速率为 3 893 和 4 773 nmol/(g · d)。小麦旗叶 MDA 含量变化特性进一步表明,冷型小

麦和抗旱小麦具有光合能力强、衰老速度慢的特点。

2 2 5 超氧化物歧化酶(SOD)活性 SOD 是生物防御活性氧毒害的关键性保护酶之一,其活性对植株衰老有重要意义,测定结果如图 1 所示。从图 1 可以看出,4 个小麦品种旗叶 SOD 活性到开花期达到最高,随着时间的推移,各品种旗叶 SOD 的活性呈下降趋势。分别与不耐旱小麦和暖型小麦相比,抗旱小麦和冷型小麦旗叶 SOD 活性下降幅度小,表明晋麦 47 和小偃 6 号在籽粒灌浆后期具有减轻活性氧或其他过氧化物自由基对细胞膜系统伤害的能力。

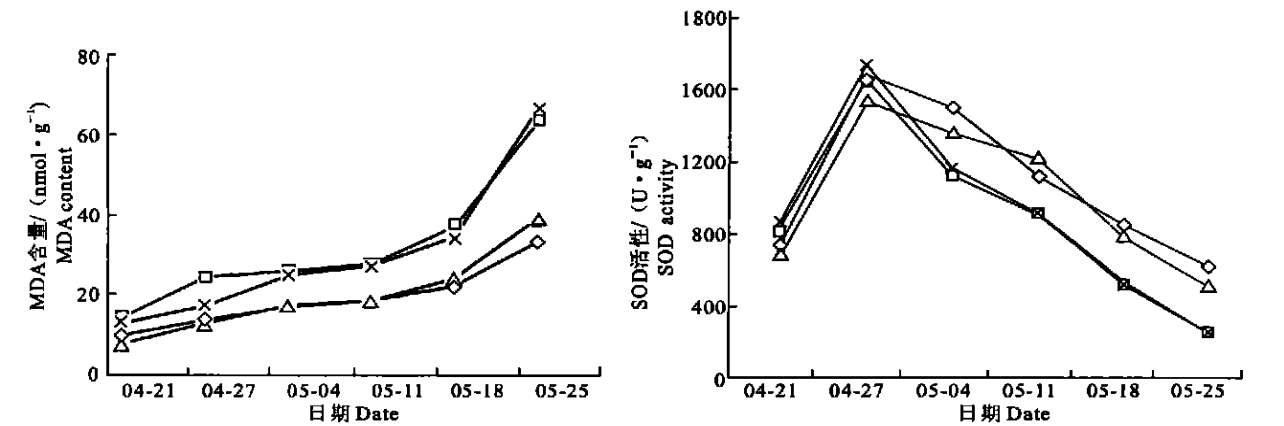


图 1 不同类型小麦品种旗叶MDA 含量和 SOD 活性的变化

- - 晋麦 47; - □ - 偃师 9 号; - △ - 小偃 6 号; - × - NR9405

Fig 1 Changes ofMDA content and SOD activity in flag leaf of the varieties

- - Jinmai 47; - □ - Yanshi 9; - △ - Xiaoyan 6; - × - NR9405

3 讨 论

从上述一系列分析可以看出,任一农业生态地区的小麦品种,依照冠层温度的高低可以分为不同的类群,这些类群和小麦植株代谢功能的优劣联系紧密,从而使冠层温度具有重要的指示意义。本研究表明,抗旱小麦和冷型小麦的冠层温度持续偏低,代谢水平较高,植株活力较强,尤其在籽粒灌浆后期更为明显,这种特性与暖型小麦和耐旱性较差的小麦形成鲜明的对比。因此,在旱地小麦育种和栽培中,

一方面应注意冷型材料的选择和运用,实现高产骨架与冷温特征的有机结合,促进旱地高产品种选育步伐;另一方面,如何确定适应于当地的主栽品种和搭配品种,实现旱地小麦持续高产稳产,本研究将会起到积极的促进作用。

在近 20 年的研究中也发现,冷型小麦的杂交后代依然表现冠层温度低,而暖型小麦杂交后代却表现为较高的冠层温度的特征,所以有关小麦的冷温遗传特性和环境—小麦—大气之间的相互关系,还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 张嵩午,王长发.冷型小麦及其生物学特性[J].作物学报,1999,25(5):608-615
- [2] 张嵩午.小麦冷域问题[J].中国农业气象,1991,12(2):1-6
- [3] 张嵩午.小麦温型现象研究[J].应用生态学报,1997,8(4):471-474
- [4] Blum A, 张转放.干旱胁迫条件下不同基因型小麦品种的冠层温度和产量稳定性[J].国外农学-麦类作物,1991,(2):35-37
- [5] 董振国.作物层温度与土壤水分的关系[J].科学通报,1986,(8):608-610
- [6] 梁银丽,张成娥.冠层温度-气温差与作物水分亏缺关系的研究[J].生态农业研究,2000,8(1):24-26
- [7] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125: 189-198
- [8] 王爱国,罗广华,邵从本,等.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77-83
- [9] 施特尔马赫.酶的测定方法[M].钱嘉渊译.北京:中国轻工业出版社,1992:186-194
- [10] 胡小平,王长发.SAS 基础及统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001:56-68
- [11] 郑光华,徐阿炳,李雅志.小麦体内同化产物分配利用规律的初步研究[J].植物生理学通讯,1994,(3):7-16
- [12] Petterson T G, Moss D V, Brum W A. Enzymatic changes during the senescence of field-grown wheat[J]. Crop Sci, 1980, 20: 15

The characteristics of drought-resistant wheat with low temperature

FENG Bai-li, WANG Chang-fa, MIAO Fang, ZHANG Song-wu, HE Yong-jie

(College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: On the basis of observation of the canopy temperature and the biological character of wheat for many years, the difference in wheats temperature and its biological characters have been discovered in natural world. Drought-resistant wheat and cold type wheat have a canopy temperature continuously lower than that of the control, especially during kernel-filling period. Many of its characters, such as the functional duration of leaf, net photosynthetic rate, soluble protein content, SOD activity and MDA content, are more superior to those of warm type wheat and drought-unresistant wheat. So the use and selection of the low canopy temperature materials should be stressed in the wheat breeding and culture, it is useful to improve crop yield and quality in dry farm land conditions.

Key words: drought-resistant wheat; canopy temperature; biological character